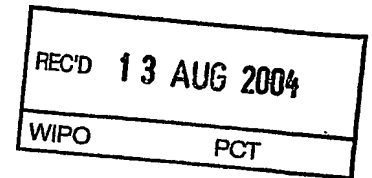


**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 29 079.6

**Anmeldetag:**

27. Juni 2003

**Anmelder/Inhaber:**Osram Opto Semiconductors GmbH,  
93049 Regensburg/DE**Bezeichnung:**

Strahlungsemitterendes Halbleiterbauelement

**IPC:**

H 01 L 33/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Juli 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**Stanschus**

## Beschreibung

## Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement

5 Die Erfindung betrifft ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit einer Schichtstruktur, die eine n-dotierte Confinementschicht, eine p-dotierte Confinementschicht, und eine zwischen der n-dotierten Confinementschicht und der p-dotierten Confinementschicht angeordnete aktive, Photonen  
10 emittierende Schicht enthält.

Bei Laserdioden und Leuchtdioden auf der Basis von AlInGaP, aber auch bei anderen Materialsystemen, wird eine möglichst hohe n-Dotierung in den Confinementschichten angestrebt, um  
15 Ladungsträgerverluste durch Leckströme zu minimieren. Gleichzeitig ist ein scharfer Abfall der Dotierung am Rand des Wellenleiters einer Laserdiode wünschenswert, um eine erhöhte Absorption der Lasermode zu vermeiden. Werden diese Bedingungen erfüllt, so ist allerdings oft die elektrische bzw. optische Qualität der ebenfalls mit dem n-Dotierstoff dotierten  
20 aktiven Schicht ungenügend. Werden dagegen andere Dotierstoffe verwendet, die zu einer Verbesserung der elektrischen bzw. optischen Qualität der aktiven Schicht führen, ergeben sich andere Nachteile, wie etwa eine geringere Effizienz der hergestellten Bauelemente.  
25

Hier setzt die Erfindung an. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit einer verbesserten elektrischen und/oder optischen  
30 Qualität der aktiven Schicht und hoher Effizienz anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch das strahlungsemittierende Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte  
35 Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 13.

Erfindungsgemäß ist bei einem strahlungsemitterenden Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art vorgesehen, daß die n-dotierte Confinementschicht mit einem ersten n-Dotierstoff zur Erzeugung einer hohen aktiven Dotierung und eines scharfen Dotierprofils dotiert ist, und die aktive Schicht mit einem von dem ersten Dotierstoff verschiedenen zweiten n-Dotierstoff zur Verbesserung der Schichtqualität der aktiven Schicht dotiert ist.

Die Erfindung beruht somit auf dem Gedanken, zwei unterschiedliche n-Dotierstoffe einzusetzen, die an unterschiedlichen Stellen der Laser- bzw. der Leuchtdiodenstruktur eingebaut werden, so daß die unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Dotierstoffe gezielt lokal ausgenutzt werden können.

Der erste n-Dotierstoff ist dabei so gewählt, daß er eine höchstmögliche aktive Dotierung der Confinementschicht und ein scharfes Dotierprofil erlaubt. Die aktive Schicht wird hingegen mit einem zweiten n-Dotierstoff dotiert, die geeignet ist, die elektrische und/oder optische Qualität der aktiven Schicht zu verbessern. Als Verbesserung kommt dabei insbesondere die Unterdrückung von Ordnungseffekten, wie sie beispielsweise aus K. L. Chang et al., J. Appl. Phys. 92, 6582 (2002) bekannt sind, oder die Unterdrückung von nicht-strahlenden Zentren in Betracht.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die n-dotierte Confinementschicht sowohl mit dem ersten n-Dotierstoff als auch mit dem zweiten n-Dotierstoff dotiert ist. Dadurch kann eine Erhöhung der aktiven Dotierung bis zur die Summe der beiden aktiven Dotierstoffkonzentrationen erzielt werden. Zugleich bleibt der Vorteil des hohen erreichbaren Dotierung und des scharfen Dotierprofils erhalten.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung stellt das Halbleiterbauelement eine Leuchtdiode dar. Die aktive Schicht der Leuchtdiode kann dabei durch eine homogene Schicht oder

durch einen Quantentopf oder einen Mehrfachquantentopf gebildet sein.

Bei einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung stellt das Halbleiterbauelement eine Laserdiode dar, bei der zwischen der aktiven Schicht und der n-dotierten Confinementschicht eine erste Wellenleiterschicht und zwischen der aktiven Schicht und der p-dotierten Confinementschicht eine zweite Wellenleiterschicht angeordnet ist.

10

Die erste Wellenleiterschicht der Laserdiode kann bei der Erfindung undotiert oder wie die aktive Schicht mit dem zweiten n-Dotierstoff dotiert sein.

15 Die zweite Wellenleiterschicht ist vorzugsweise undotiert.

Als erster n-Dotierstoff wird bei der Erfindung bevorzugt Silizium eingesetzt, da sich mit Silizium sowohl sehr hohe n-Dotierungen als auch ein scharf abfallendes Dotierstoffprofil einstellen lassen.

20

Als zweiter n-Dotierstoff wird bei der Erfindung bevorzugt Tellur eingesetzt. Es wurde nämlich gefunden, daß Tellur die Eigenschaft hat, unerwünschte Ordnungseffekte in der aktiven Schicht zu unterdrücken bzw. allgemein die optisch-elektrische Qualität der aktiven Schicht zu verbessern. Auf der anderen Seite diffundiert Tellur während des Epitaxialwachstums sehr stark, so daß der Einsatz von Tellur als einzigem Dotierstoff sowohl für die Confinementschicht als auch für die aktive Schicht zu Bauteilen mit vergleichsweise niedriger Effizienz führt.

30

Die p-dotierten Confinementschichten der Laserdioden oder Leuchtdioden sind bevorzugt bei der Erfindung mit Magnesium oder Zink dotiert.

35

Die Erfindung läßt sich mit besonderem Vorteil bei strahlungsemittierenden Halbleiterbauelementen einsetzen, deren Schichtstruktur auf Basis von AlInGaP gebildet ist. Darüber hinaus kann die Erfindung auch bei anderen Materialsystemen, wie etwa bei AlGaAs oder InGaAsP vorteilhaft verwendet werden, bei denen Ordnungseffekte auftreten können oder bei denen die elektrische und/oder optische Qualität der aktiven Schicht durch einen Dotierstoff beeinflussbar ist.

Beim Einbringen der Dotierstoffe kann gegebenenfalls ein unterschiedliches Einbauverhalten der Dotierstoffe in Abhängigkeit von der Wachstumstemperatur ausgenutzt werden. Beispielsweise erhöht sich der Einbau von Silizium mit steigender Wachstumstemperatur, während sich der Tellureinbau verringert. So kann die Konzentration der verschiedenen Dotierstoffe in den Bauteilstrukturen über ein vorgegebenes Temperaturprofil eingestellt werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Zeichnungen.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Schnittansicht einer Laserdiode nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Figur 2 eine schematische Schnittansicht einer Leuchtdiode nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Ausführungsbeispiel 1:

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Schnittansicht einer allgemein mit 10 bezeichneten kantenemittierenden AlInGaP-Laserdiode nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dabei sind in der schematischen Darstellung der

Figur 1 nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Schichten dargestellt. Es versteht sich jedoch, daß weitere Schicht, wie etwa Pufferschichten, Zwischenschichten, Kontaktschichten, Rampen und dergleichen ebenfalls vorhanden sein können.

Bei der AlInGaP-Laserdiode 10 ist auf ein Silizium-dotiertes GaAs-Substrat 12 eine Schichtfolge auf AlInGaP-Basis aufgewachsen. Die Schichtenfolge umfaßt eine n-Confinementschicht 14 aus Silizium-dotiertem  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$ , eine erste undotierte  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Wellenleiterschicht 16, eine Tellur-dotierte aktive  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{P}$ -Schicht 18, eine zweite undotierte  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{P}$  Wellenleiterschicht 20 und eine mit Magnesium oder Zink p-dotierte  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Confinementschicht 22.

Als erster n-Dotierstoff für die n-Confinementschicht 14 wird bei dem ersten Ausführungsbeispiel also Silizium verwendet. Damit wird in der n-Confinementschicht 14 eine vorteilhaft hohe n-Dotierung und zu dem ein Dotierprofil mit einem scharfen Abfall erreicht. Als zweiter Dotierstoff für die aktive Schicht dient hingegen Tellur zur Ausbildung einer aktiven Schicht mit einer vorteilhaft hohen elektrischen und optischen Qualität. Insbesondere werden durch die Tellur-Dotierung unerwünschte Ordnungseffekte im Kristallgefüge der aktiven Schicht unterdrückt.

#### Ausführungsbeispiel 2:

Nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels die erste Wellenleiterschicht 16 ebenfalls mit Tellur dotiert. Damit ergibt sich eine Schichtenabfolge, bei der auf dem Silizium-dotierten GaAs-Substrat 12 eine mit Silizium n-dotierte  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Confinementschicht 14, eine mit Tellur n-dotierte  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Wellenleiterschicht 16, eine mit Tellur n-dotierte aktive  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{P}$ -Schicht 18, eine undotierte

5  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{P}$  Wellenleiterschicht 20 und eine mit Magnesium oder Zink p-dotierte  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Confinementschicht 22 aufgewachsen sind. Optional kann die erste Wellenleiterschicht zusätzlich mit Silizium dotiert sein. Durch die Dotierung der Wellenleiterschicht werden vorteilhafterweise die Ladungsträgerverluste weiter verringert bzw. die Effizienz des Bauelements erhöht.

### Ausführungsbeispiel 3:

10

15 In einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die n-Confinementschicht 14 nicht nur mit einem, sondern mit beiden eingesetzten n-Dotierstoffen dotiert, um vorteilhafterweise die gesamte aktive Dotierstoffkonzentration im Idealfall bis auf die Summe der beiden Dotierstoffkonzentrationen zu erhöhen. Die erste Wellenleiterschicht 16 kann dabei undotiert bleiben, ebenfalls mit Tellur oder auch mit Silizium und Tellur dotiert werden.

20

25 Insgesamt ist bei diesem Beispiel auf dem Silizium-dotierten GaAs-Substrat 12 eine Schichtenfolge mit einer mit Silizium und Tellur n-dotierten  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Confinementschicht 14, einer undotierten oder mit Tellur n-dotierten  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Wellenleiterschicht 16, einer mit Tellur n-dotierten aktiven  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{P}$ -Schicht 18, einer undotierten  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{P}$  Wellenleiterschicht 20 und einer mit Magnesium oder Zink p-dotierten  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Confinementschicht 22 aufgewachsen.

30

35 Wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel wird also als erster n-Dotierstoff für die n-Confinementschicht 14 und gegebenenfalls die Wellenleiterschicht 16 Silizium, hingegen als zweiter Dotierstoff für die aktive Schicht 18 und gegebenenfalls die Wellenleiterschicht 16 Tellur verwendet. Daraus resultieren wiederum die obengenannten Vorteile.

## Ausführungsbeispiel 4:

In Figur 2 ist eine schematische Schnittansicht einer AlInGaP-Leuchtdiode (LED) 30 nach einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt.

Die AlInGaP-LED 30 weist ein Silizium-dotiertes GaAs-Substrat 32 auf, auf dem eine Schichtfolge aus einer mit Silizium n-dotierten  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Confinementschicht 34, einer mit Tellur n-dotierten aktiven  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{0.5}\text{P}$  Schicht 36, und einer mit Magnesium oder Zink p-dotierten  $\text{In}_{0.5}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$  Confinementschicht 38 aufgewachsen ist. Die aktive Schicht kann dabei sowohl eine homogene Schicht darstellen, als auch durch einen Quantentopf oder einen Mehrfachquantentopf gebildet sein.

Wie bei den vorigen Ausführungsbeispielen wird also mit entsprechend vorteilhafter Wirkung bei der Leuchtdiode als erster n-Dotierstoff für die n-Confinementschicht 34 Silizium, hingegen als zweiter Dotierstoff für die aktive Schicht 36 Tellur verwendet.

Es versteht sich, daß die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein können.



## Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit einer  
5 Schichtstruktur, die

- eine n-dotierte Confinementschicht (14; 34),
- eine p-dotierte Confinementschicht (22; 38), und
- eine zwischen der n-dotierten Confinementschicht (14; 34)

und der p-dotierten Confinementschicht (22; 38) angeordnete  
10 aktive, Photonen emittierende Schicht (18; 36) enthält,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß

- die n-dotierte Confinementschicht (14; 34) mit einem ersten

n-Dotierstoff und

- die aktive Schicht (18; 36) mit einem von dem ersten Do-

15 tierstoff verschiedenen zweiten n-Dotierstoff dotiert ist.

2. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch  
1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
20 der erste n-Dotierstoff zur Erzeugung einer hohen aktiven Do-  
tierung und/oder eines scharfen Dotierprofils dient.

3. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch  
1 oder 2,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
der zweite n-Dotierstoff zur Verbesserung der Schichtqualität  
der aktiven Schicht (18; 36) dient.

4. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem  
30 der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die n-dotierte Confinementschicht (14; 34) sowohl mit dem er-  
sten n-Dotierstoff als auch mit dem zweiten n-Dotierstoff do-  
tiert ist.

35 5. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem  
der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das Halbleiterbauelement eine Leuchtdiode (30) darstellt.

5 6. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die aktive Schicht (36) der Leuchtdiode durch eine homogene  
Schicht gebildet ist.

10 7. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die aktive Schicht (36) der Leuchtdiode durch einen Quanten-  
topf oder einen Mehrfachquantentopf gebildet ist.

15 8. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem  
der Ansprüche 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das Halbleiterbauelement eine Laserdiode (10) darstellt, bei  
20 der zwischen der aktiven Schicht (18) und der n-dotierten  
Confinementschicht (14) eine erste Wellenleiterschicht (16)  
und zwischen der aktiven Schicht (18) und der p-dotierten  
Confinementschicht (22) eine zweite Wellenleiterschicht (20)  
angeordnet ist.

25 9. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die erste Wellenleiterschicht (16) undotiert ist.

30 10. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach An-  
spruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die erste Wellenleiterschicht (16) mit dem zweiten n-  
35 Dotierstoff dotiert ist.

11. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die zweite Wellenleiterschicht (20) undotiert ist.

5

12. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t; daß  
als erster n-Dotierstoff Silizium eingesetzt wird.

10

13. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
als zweiter n-Dotierstoff Tellur eingesetzt wird.

15

14. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die p-dotierte Confinementschicht (22; 38) mit Magnesium oder  
Zink dotiert ist.

20

15. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die Schichtstruktur (14-22; 34-38) auf Basis von AlInGaP, Al-GaAs oder InGaAsP gebildet ist.

25

10

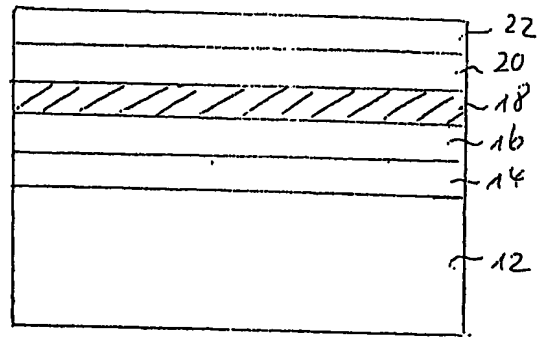


Fig. 1

30

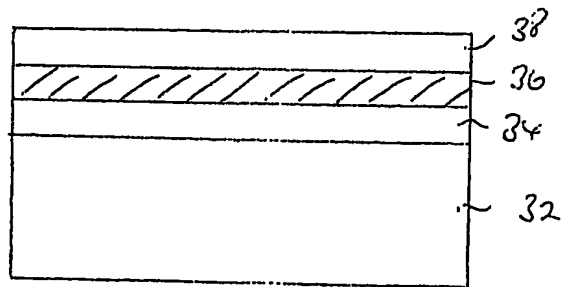


Fig. 2

## Zusammenfassung

### Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement

- 5 Bei einem strahlungsemittierenden Halbleiterbauelement mit einer Schichtstruktur, die eine n-dotierte Confinementschicht (14), eine p-dotierte Confinementschicht (22), und eine zwischen der n-dotierten Confinementschicht (14) und der p-dotierten Confinementschicht (22) angeordnete aktive, Photonen emittierende Schicht (18) enthält, ist erfindungsgemäß  
10 vorgesehen, daß die n-dotierte Confinementschicht (14) mit einem ersten n-Dotierstoff zur Erzeugung einer hohen aktiven Dotierung und eines scharfen Dotierprofils dotiert ist, und die aktive Schicht (18) mit einem von dem ersten Dotierstoff  
15 verschiedenen zweiten n-Dotierstoff zur Verbesserung der Schichtqualität der aktiven Schicht (18) dotiert ist.

Figur 1